APPLICATIONS NOUVELLES DE L'ECHOGRAPHIE EN REANIMATION

D. Lichtenstein, Service de Réanimation Médicale, Hôpital Ambroise-Paré, 92100 Boulogne (Paris-Ouest), France.

INTRODUCTION

Chez le patient de réanimation, qui est particulier par sa lourdeur et les problèmes diagnostiques qui se posent en urgence, l'imagerie est un temps majeur. De séduisantes techniques telles que scanner et IRM comportent en fait de multiples inconvénients en routine. Le besoin d'une méthode applicable au lit et si possible non invasive fait ainsi que l'échographie devrait naturellement être étudiée soigneusement comme une réponse à ce problème.

Emanant parmi bien d'autres des travaux de Curie, Langevin et Einstein en ce début de siècle, des Anglais par le biais du sonar (fin des années 30), de Wild et Howry, pionniers de l'échographie clinique (1951), l'échographie a, depuis Henry et Griffith, pères du temps-réel donc de l'ère mature (1974), acquis un large droit de cité. Alors pourquoi des «applications nouvelles» ? C'est que l'essor de l'échographie (non cardiaque) chez le patient aigu, celui qui a précisément le plus besoin d'un diagnostic rapide, a été plus lent que dans d'autres disciplines. L'échographie y a pourtant montré son utilité dans des indications traditionnelles [1, 2]. L'apport d'applications nouvelles peut-il encore accroître l'impact de cette attachante technique ?

1. CONSIDERATIONS PREALABLES

1.1. ETAT D'ESPRIT INITIAL

Pour appréhender la place des indications qui vont suivre, il convient déjà de se libérer de certains dogmes. Il est par exemple habituel de considérer l'air comme un obstacle infranchissable (rendant l'échographie pulmonaire illusoire), ainsi que l'os, de sorte que le status cérébral chez l'adulte est également considéré hors de portée de l'échographie générale. Or, nous le verrons, l'air thoracique regorge d'informations, l'air abdominal également, et l'os n'est pas toujours un obstacle.

1.2. MATERIEL

La première particularité des applications nouvelles est qu'elles requièrent un matériel précisément défini, quoique non sophistiqué. Tout est basé sur une analyse bidimensionnelle, mode qui fournit des informations suffisantes. Si les unités de

réanimation commencent doucement à être équipées d'appareils puissants d'échocardiographie (d'une utilité indéniable), nous avons l'expérience d'une forme d'échographie générale accessible à une technologie simple.

Délaissant donc les gros appareils, peu pratiques par leur poids et leur complexité, nous utilisons un portable compact d'environ 36 dm^3 pour 13 kg, monté sur chariot et mobilisable avec deux doigts. Ce détail sera sans prix pour qui a appréhendé l'échographe comme une aide multi-quotidienne. Une seule sonde, de type micro-convexe, courte, d'une fréquence de 5 MHz, nous permet une approche polyvalente, avec des avantages décisifs tels que simplicité, coût, solidité de l'ensemble, aseptie du geste.... Les nouvelles applications de l'échographie en réanimation relèvent d'une technique simple qui ne nécessite ni Doppler, ni sophistications telles que renforcement d'harmoniques, acquisition tridimensionnelle ou autres. En dehors d'indications précises, le Doppler présente des inconvénients qui peuvent ne pas apparaître à une analyse superficielle [3, 4].

La description de l'appareil amène à aborder le problème de l'aseptie. Qu'il s'agisse d'applications nouvelles ou non, l'échographe ne doit pas être vecteur de germes. Nous ne recherchons guère les appareils complexes aux boutons saillants, pièges à microbes, ni les sondes multiples (un examen avec plusieurs sondes sur un même patient mènera inévitablement à des fautes d'aseptie). Il est souhaitable de conduire son examen avec le même souci d'aseptie que l'on poserait un cathéter central. Un agencement logique des gestes que l'on fera de toute façon, mais dans un ordre précis, est suffisant. Au prix de cette petite réflexion, une aseptie efficace sera obtenue en moins d'une minute supplémentaire. Les produits à base d'ammonium ou d'amino-acides, largement employés pour l'entretien des sols, sont potentiellement risqués s'ils sont appliqués sur une sonde.

2. APPLICATIONS PULMONAIRES

2.1. INTRODUCTION

Nous débuterons volontiers par le poumon, car cet organe vital semblait avoir été oublié. Le poumon est réputé non échographiable pour le motif que l'air arrête les ultrasons [5]. Il est vrai aussi que d'autres outils tels la radiographie existent pour documenter la fonction respiratoire. Toutefois, la radiographie, un document certes familier et fort utile, a prouvé sa faillibilité dans les diagnostics d'urgence que sont épanchement pleural, pneumothorax, consolidation alvéolaire et syndrome interstitiel [6-9]. Le scanner, plus informatif, est hautement irradiant. Aucun de ces examens n'est disponible immédiatement. Face à ces poids-lourds de l'imagerie, l'échographie présente déjà l'intérêt d'une disponibilité immédiate au lit du patient. Peut-elle aller aussi loin, voire dépasser la radiographie ?

La technique de l'échographie pulmonaire repose sur 7 principes simples :

1- Le thorax est un lieu où une mixique étroite lie air et eau. L'air monte, l'eau descend. Il est donc fondamental de définir des sémiologies «déclives» et des sémiologies «culminantes», de préciser la position du patient et le lieu où la sonde est posée.
2- La surface pulmonaire étant vaste, on pourrait se demander où poser la sonde. La réponse peut se résumer ainsi : aux mêmes endroits que l'on pose son stéthoscope. En pratique, on peut subdiviser le thorax en des zones bien définies.
3- Toute la sémiologie pulmonaire part de la ligne pleurale.
4- La sémiologie pulmonaire est principalement basée sur l'analyse des artefacts, structures habituellement jugées indésirables.
5- Cette sémiologie fait appel à des signes dynamiques.

6- Le fait que la quasi-totalité des pathologies aiguës touchant le poumon a une extension en surface, comme on le verra, explique le potentiel (paradoxal seulement en apparence) de l'échographie pulmonaire.
7- Enfin, l'appareil décrit réunira les conditions optimales pour une analyse contributive du poumon.

2.2. ASPECT NORMAL DU POUMON

Sur une coupe longitudinale passant par un espace intercostal, on peut repérer les côtes supérieure et inférieure, reconnaissables par leur cône d'ombre caractéristique, puis, en retrait d'environ 5 mm de cette ligne costale, une ligne hyperéchogène, grossièrement horizontale, la ligne pleurale, qui matérialise la surface pulmonaire. De cette ligne naissent des signaux statiques et dynamiques.

Les signaux statiques reposent sur les artefacts aériques. Deux types opposés ressortent de l'analyse : l'artefact de réverbération grossièrement horizontal, formant des répétitions régulières de la ligne pleurale (Figure 1 gauche), et l'artefact en queue de comète, vertical, bien défini, descendant jusqu'à la limite inférieure de l'écran (voir Figure 6). Pour des raisons de commodité d'écriture, l'artefact horizontal tel que décrit a été nommé «ligne A» échographique, l'artefact vertical tel que décrit «ligne B» [10]. On pourrait utiliser le terme imagé de «queue de comète» par défaut mais chaque terme de la définition importe. De multiples «lignes B» évoquent une fusée au décollage et seront désignées sous le terme pratique de «fusées pleurales» (voir Figure 6). De nombreux autres artefacts peuvent être décrits (lignes C, E, I, O, X, Z) mais ne seront pas détaillés ici.

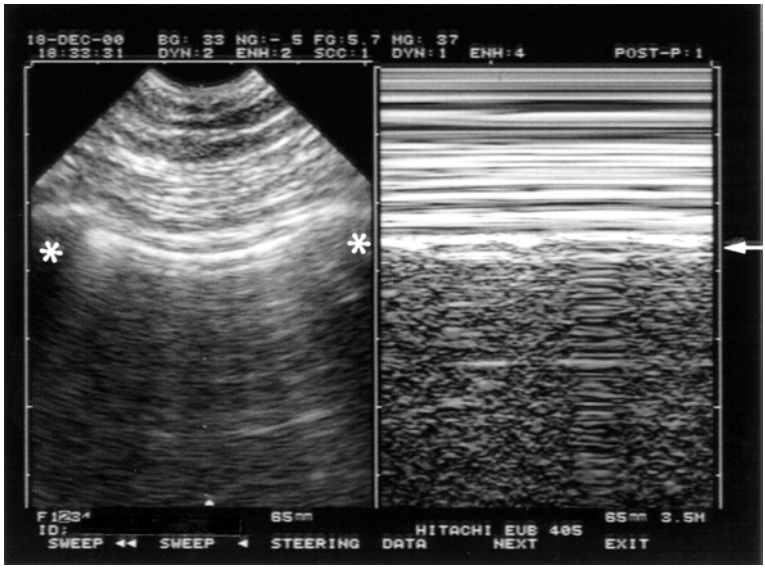

Figure 1 : *Poumon normal*
Gauche *: Mode bidimensionnel (temps réel). La ligne pleurale est repérée environ 1/2 cm en-dessous du relief des côtes (étoiles). En profondeur de cette ligne naît une ligne grossièrement horizontale («ligne A»).*
Droite *: Mode temps-mouvement. Ce mode permet d'objectiver le glissement pleural. Au-dessus de la ligne pleurale (flèche), l'immobilité des tissus pariétaux génère des lignes horizontales, tandis qu'au-dessous, le glissement pleural génère un aspect régulièrement granité.*

Le signal dynamique principal est la perception d'un scintillement visible au niveau de la ligne pleurale, rythmé par la respiration et se répercutant en profondeur (Figure 1 droite). Il correspond au mouvement inspiratoire abdominal dans l'axe crânio-caudal de la plèvre viscérale contre la plèvre pariétale, laquelle reste fixe. C'est le glissement pleural, ou glissement pulmonaire [11].

Chez un sujet sain, on peut observer un glissement pleural avec des «lignes A» majoritaires et des «lignes B» absentes ou alors confinées dans le dernier espace intercostal sus-phrénique [12].

2.3. EPANCHEMENT PLEURAL LIQUIDIEN

2.3.1 INTRODUCTION

On ne saurait parler de nouveauté au sujet d'une entité décrite depuis 1967 [13] et universellement connue**.** Cependant, force est de constater que cette application n'a pas partout acquis droit de cité. Il est vrai que rares sont les travaux ayant évalué sa place réelle par rapport à un examen de référence indiscutable tel le scanner, ce qui est un marqueur assez parlant de la place actuelle de l'échographie thoracique. Comparant l'échographie au scanner, nous avons une opinion favorable, l'échographie permettant un diagnostic d'épanchement pleural avec une sensibilité de 86 %, montant à 97 % si l'on accepte d'éluder des épanchements minimes (définis comme donnant une flèche inférieure à 10 mm au scanner), et une spécificité de 94 % [14].

2.3.2. SEMIOLOGIE ECHOGRAPHIQUE

Afin de retrouver les chiffres précédents, il faut adopter un protocole rigoureux. Nous ne pratiquons jamais d'abord sous-costal mais exclusivement intercostal (ce qu'une sonde abdominale peut difficilement faire). L'épanchement est défini comme une image déclive, bordée en superficie par la ligne pleurale, et dont la limite profonde est régulière, car représentée par la plèvre viscérale. Un dernier point nous paraît indispensable pour affirmer le caractère liquidien de la collection : la limite profonde doit présenter des mouvements sinusoïdes en temps-mouvement entre la profondeur et la superficie, rythmés par la respiration. Ce signe, qu'on peut appeler signe de la «variation interpleurale respiratoire», ou de manière plus éloquente signe de la «sinusoïde» (Figure 2), nous apparaît spécifique d'épanchement pleural liquidien [15].

2.3.3. APPLICATIONS

2.3.3.1. Applications diagnostiques

Savoir qu'une pathologie thoracique aiguë s'accompagne ou non d'un épanchement pleural peut représenter un premier temps dans la réflexion diagnostique. L'échogénicité de l'épanchement peut parfois orienter [16]. Des particules mobiles, des cloisons tissulaires peuvent évoquer hémothorax ou pleurésie purulente, mais ce type d'information nous semble en retrait par rapport à celui de la ponction écho-éclairée.

2.3.3.2. Applications interventionnelles

Les informations fournies par l'analyse du liquide pleural peuvent être fondamentales chez un patient critique [17]. Quand certains critères sont réunis, l'échographie permet très simplement de ponctionner, en sécurité, des épanchements pleuraux même non visibles à la radiographie, et ce chez des patients ventilés, éventuellement soumis à une PEP [15]. Le signe de la «sinusoïde» indique une fluidité élevée, ce qui permet de choisir le matériel le moins agressif. Par une technique à peine modifiée, la ponction évacuatrice permet de soustraire des quantités importantes de liquide en utilisant de même un matériel non délabrant pour la paroi.

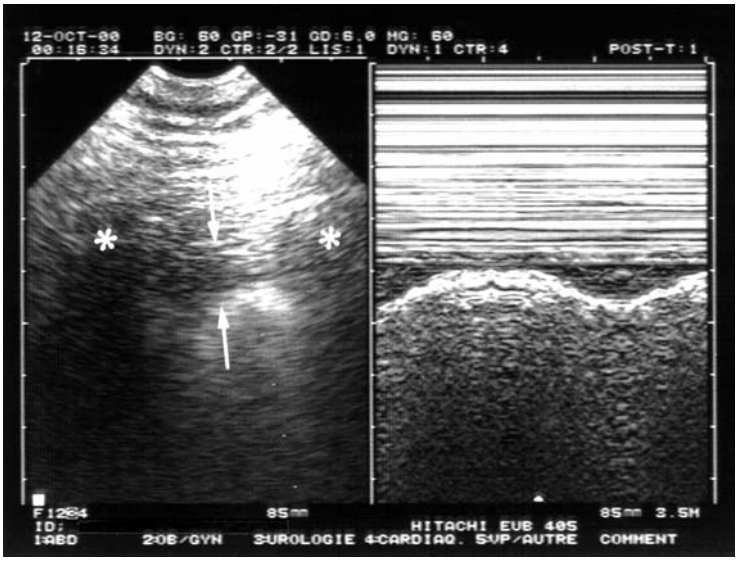

Figure 2 : *Epanchement pleural liquidien*
Gauche : *Temps réel. Petit épanchement pleural mal individualisé (flèches). Etoiles : ombres costales.*
Droite : *Mode temps-mouvement. Le mouvement centrifuge inspiratoire du poumon rapproche la plèvre viscérale de la paroi, d'où le signe de la «sinusoïde», aspect spécifique d'un épanchement pleural libre, même minime.*

2.4. PNEUMOTHORAX

2.4.1. INTRODUCTION

Comme seul l'air est investigué ici, la sémiologie du pneumothorax peut sembler abstraite, car elle fait appel uniquement à des artefacts. Seule la maîtrise rigoureuse des signes rendra l'échographie crédible. Cette méthode saura se montrer utile face à une affection très souvent évoquée de principe, moins fréquente dans la réalité, mais qui peut poser d'embarrassants problèmes en urgence.

2.4.2. SEMIOLOGIE ECHOGRAPHIQUE

2.4.2.1. Disparition du glissement pleural

Nous avions remarqué que ce signe dynamique qui est le glissement pleural disparaissait lors d'un pneumothorax (Figure 3). Nous avions aussi appris, non sans surprise, que les chevaux bénéficiaient déjà de cette première approche [18]. Dans un travail comparant 43 pneumothorax à 68 poumons clairement exempts de pneumothorax au vu du scanner, en excluant 2 cas non faisables, la sensibilité de l'échographie était de 100 %, la spécificité de 91 % [11]. Un glissement pleural culminant présent permet ainsi d'exclure le pneumothorax, mais l'absence de glissement ne permet pas de conclure.

2.4.2.2. Absence totale de «lignes B»

De la ligne pleurale émanent exclusivement des «lignes A». Le signe «absence de ligne B» n'a une spécificité que de 60 % mais il est sensible à 100 % [19]. Détecter des queues de comètes de type «lignes B» équivaut donc à voir un poumon accolé. Ces lignes peuvent êtres accompagnées d'un glissement pleural ou apparaître fixes.

2.4.2.3. Le «point poumon» (Figure 4)

L'association d'un glissement aboli et de «lignes A» est encore insuffisante pour affirmer le pneumothorax. En revanche, en un point précis du thorax, sonde bien fixe,

la visualisation d'un tel signal remplacé soudainement par un signal pulmonaire (glissement pleural, «fusées») est un signe spécifique de pneumothorax [20]. Ce signe que nous voyons dans 66 % des cas, et qui découle de l'augmentation inspiratoire volumique du poumon collabé, se voit à l'endroit précis où le poumon touche la paroi. Il permet de diagnostiquer la plupart des pneumothorax radio-occultes [20]. D'autres signes existent, mais ne pourraient être développés dans ce cadre restreint**.**

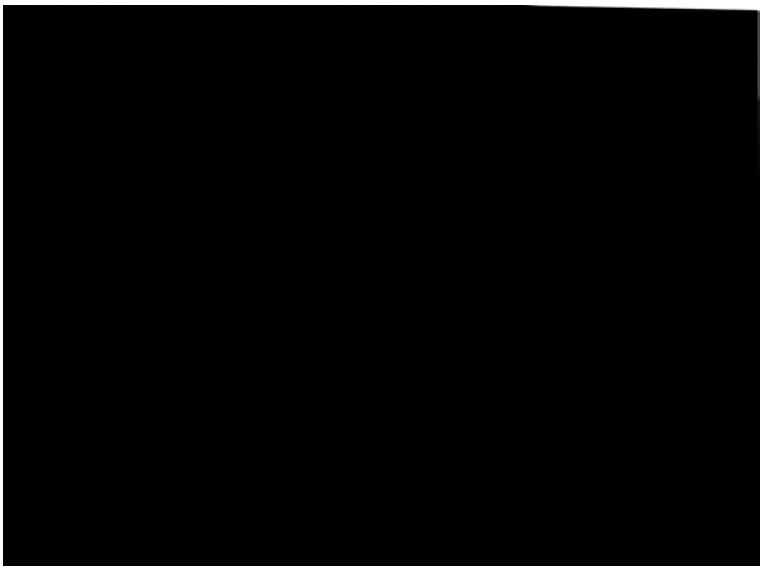

Figure 3 : *Pneumothorax*
Gauche : *Temps réel. Le glissement pleural est aboli, ce qui ne peut apparaître sur un cliché en temps réel. Par ailleurs, seuls des artefacts horizontaux émanent de la ligne pleurale.*
Droite : *Mode temps-mouvement. L'immobilité absolue de la ligne pleurale donne cet aspect de lignes horizontales régulières. L'ensemble n'est pas encore spécifique de pneumothorax.*

2.4.3. APPLICATIONS

L'échographie élimine en quelques secondes le pneumothorax dans les multiples circonstances où il est habituellement évoqué (contrôle systématique d'un geste vasculaire ou pleural, routine chez un patient ventilé, lors d'une détresse respiratoire, voire d'un arrêt cardiaque). Elle permet d'éviter les radiographies itératives lors du contrôle d'un pneumothorax draîné. Elle peut le diagnostiquer en quelques instants -avec implication thérapeutique quand la situation est critique, notamment en pré-hospitalier- ou quand toute irradiation est jugée non souhaitable, comme chez la femme enceinte [21] ou l'enfant.

2.5. CONSOLIDATION ALVEOLAIRE

2.5.1. INTRODUCTION

Dans de nombreuses situations, la notion de consolidation alvéolaire est une information de poids : syndrome douloureux fébrile à radiographie non contributive, recherche de contusion chez un traumatisé, mesure de la part alvéolaire atteinte dans le S.D.R.A. et autres contextes. Devant l'insuffisance flagrante de la radiographie, le recours au scanner est parfois prôné. Or, l'atteinte alvéolaire donne des signes échographiques

fidèles. La seule condition nécessaire à sa détection est l'existence d'un large contact sous-pleural, ce qui est heureusement le cas de la quasi-totalité des consolidations vues en situation aiguë. Quelques travaux citent cette possibilité des ultrasons [22, 23]. Nos observations basées sur des corrélations tomodensitométriques révèlent une sensibilité de 91 % et une spécificité de 100 % [14].

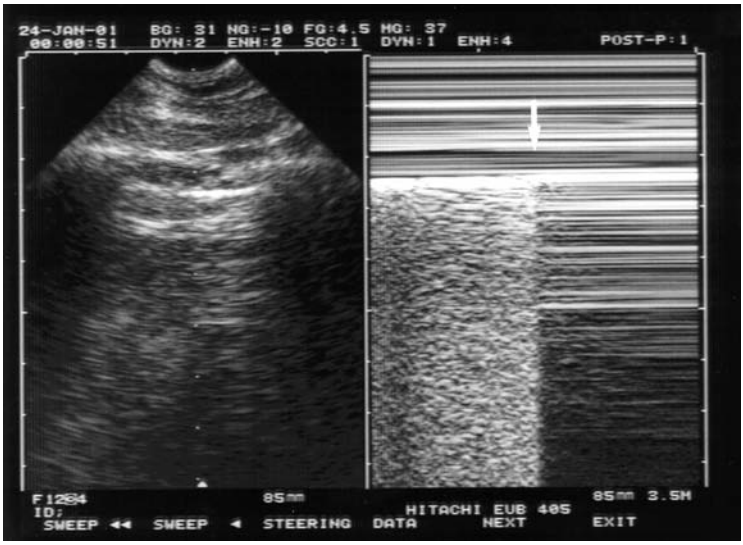

Figure 4 : *Point poumon*
Gauche : *Temps réel.*
Droite : *Temps-mouvement. Disparition instantanée du glissement pleural, en un endroit précis du thorax, ce qui définit le «point poumon». Le mode TM permet d'objectiver le point poumon : un aspect granité, physiologique, fait place (flèche) à un apsect constitué de lignes horizontales. Ce signe apparaît spécifique de pneumothorax.*

2.5.2. SEMIOLOGIE

Le parenchyme pulmonaire n'est plus aéré et se laisse dès lors traverser par les ultrasons. En lieu et place d'une image aérique (lignes «A» ou «B»), une image d'allure tissulaire apparaît, à limite profonde déchiquetée, à moins que le poumon ne soit pris dans sa totalité par le processus (Figure 5). Cette limite profonde ne donne pas le signe de la «sinusoïde». Des images internes hyperéchogènes punctiformes inconstantes traduisent les bronchogrammes aériques. Le syndrome alvéolaire peut être «sec» ou baigner dans un épanchement liquidien.

2.5.3. INTERET DE L'ECHOGRAPHIE

L'échographie apporte une réponse dans tous les cas où la connaissance d'une consolidation alvéolaire ou de son absence modifiera la prise en charge (antibiothérapie éclairée, prescription ou non d'un prélèvement pulmonaire à visée bactériologique, mise en décubitus ventral ...).

2.6. SYNDROME INTERSTITIEL

2.6.1. INTRODUCTION

Cette application s'adressant à un organe aéré, donc réputé non échographiable, il faut ici faire un pas de plus dans l'abstraction, car c'est uniquement sur l'analyse d'artefacts que le diagnostic sera élaboré. Rappelons qu'une analyse attentive permet de reconnaître les artefacts verticaux («lignes B») et les distinguer des horizontaux («lignes A»).

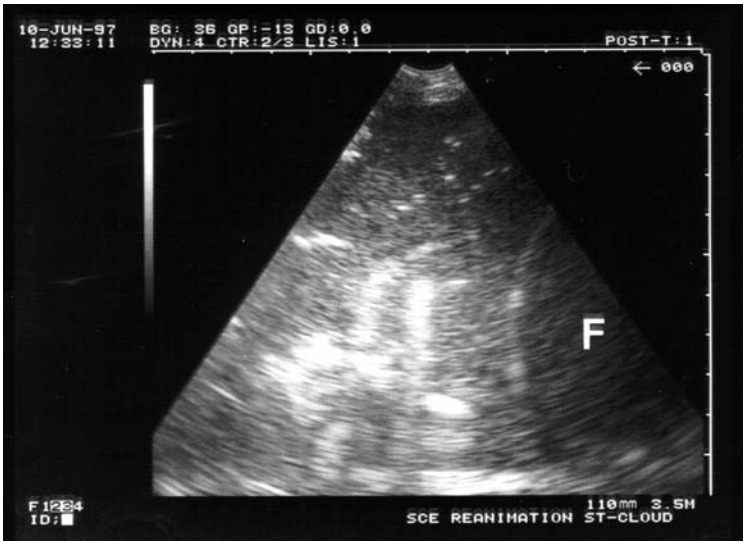

Figure 5 : *Pneumopathie bactérienne*
Consolidation alvéolaire massive du lobe inférieur, au-dessus du diaphragme. Aspect tissulaire, «hépatisé». Les points blancs traduisent les bronchogrammes aériques. F : foie.

2.6.2. SEMIOLOGIE

Le signe élémentaire est l'artefact en queue de comète de type «ligne B», donc naissant de la ligne pleurale, suivant les mouvements de la ligne pleurale *et* descendant sans s'épuiser jusqu'à la limite inférieure de l'écran. Rappelons que trois «lignes B» ou plus visibles sur une coupe longitudinale ont été appelées «fusées pleurales» (Figure 6). Des «fusées» diffuses à l'ensemble de la surface pulmonaire se trouvent corrélées au syndrome interstitiel aigu [12].

Révélant des structures de très petite taille et non directement visibles, mais créant un important gradient d'impédance acoustique avec le milieu environnant (tels l'eau et l'air), présentes à la surface pulmonaire, contiguës, distantes les unes des autres de 7 mm et disparaissant après traitement dans des cas précis, les «fusées pleurales» réunissaient toutes les caractéristiques des septa interlobulaires épaissis, ce que des confrontations scanographiques ont établi [12]. L'artefact ne fait que traduire indirectement la présence du septa, dont l'extrémité sous-pleurale agit comme générateur des «fusées».

2.6.3. APPLICATIONS

Quelle peut être la relevance clinique des «fusées pleurales» ? Nous avons vu qu'elles permettaient déjà d'éliminer le pneumothorax. Par ailleurs, la possibilité de détecter ce signe en temps réel autorise à distinguer les dyspnées «interstitielles» et les «non interstitielles», quelle que soit la qualité de la radiographie. Ceci permet entre autres de différencier un œdème pulmonaire d'une décompensation respiratoire chronique [24]. D'autres retombées logiques seront une aide au bilan d'extension d'un SDRA (travail en cours), une évaluation qualitative de la pression capillaire pulmonaire (travail en cours), la reconnaissance immédiate d'une atélectasie complète au stade initial (travail en cours), une mesure directe de l'ampliation pulmonaire, etc.

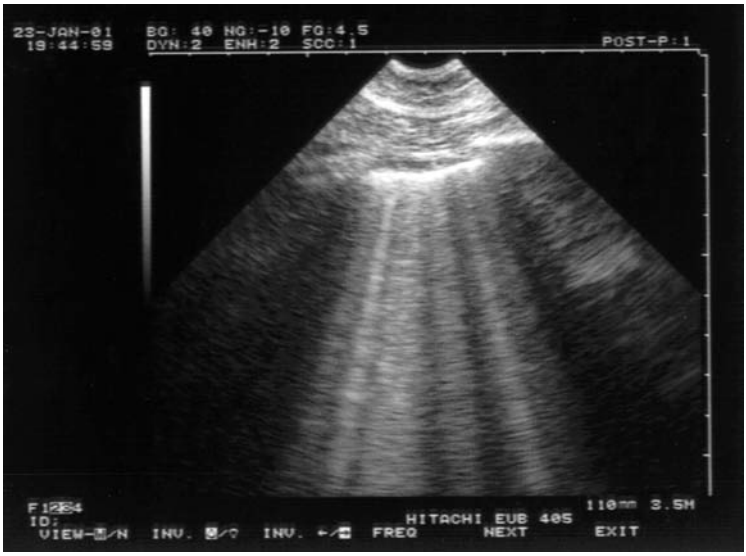

Figure 6 : *Syndrome interstitiel*
Cinq ou six artefacts en queue de comète sont visibles, naissant de la ligne pleurale et descendant jusqu'en bas de l'écran, ce qui définit des «lignes B». L'ensemble évoque une fusée au décollage, d'où le terme de «fusées pleurales». Cet aspect a la signification d'un syndrome interstitiel quand il est diffus.

2.7. AUTRES APPLICATIONS

L'atélectasie avérée donne des signes fidèles : syndrome alvéolaire, attraction des organes de voisinage (rate, cœur...), abolition du glissement pleural avec un signe en évaluation, le «pneumocardiogramme». La pneumopathie d'inhalation donne des signes distincts de la pneumopathie infectieuse. L'abcès pulmonaire peut être diagnostiqué quand il siège en périphérie au sein d'une consolidation alvéolaire. Il peut alors se prêter à une analyse voire une évacuation par voie per-cutanée [25]. Une étude sur l'aspect de la surface pulmonaire dans l'embolie pulmonaire est en cours. La symphyse pleurale aiguë donnera un signe qu'aucun autre examen, scanner inclus, ne pourra déceler. Enfin, l'analyse du diaphragme peut intéresser le clinicien à plus d'un titre : recherche d'une dysfonction ou d'une paralysie, étude de son épaississement dans le cadre du sevrage ventilatoire...

2.8. QUELQUES INTEGRATIONS

2.8.1. ECHOGRAPHIE EN SUBSTITUTION À LA RADIOGRAPHIE

A la lumière de ces diverses applications, la radiographie apparaît au mieux redondante (dans une majorité de cas), au pire confondante. On pourrait donc économiser un certain nombre de clichés au lit. Même la radiographie de contrôle d'intubation peut être évitée (travail en cours).

2.8.2. ECHOGRAPHIE EN SUBSTITUTION AU SCANNER

Comparée directement au scanner, l'échographie offre des performances honorables pour l'appréciation du pneumothorax, de l'épanchement liquidien, de la consolidation alvéolaire et du syndrome interstitiel [14]. La supériorité de l'échographie est flagrante s'agissant de la détection de cloisons au sein d'un épanchement pleural et en général dans le cadre de tous les signes dynamiques de la sémiologie thoracique.

2.8.3. ECHOGRAPHIE D'UNE DYSPNEE AIGUE

Rares sont les données disponibles sur l'aspect échographique du poumon chez un patient dyspnéique. On pourrait trouver peu pertinent de proposer une échographie chez un tel patient, cette démarche équivalant à première vue à une perte de temps discutable. C'est pourtant un temps qui, quand il est pratiqué par un utilisateur rompu et quand il intègre les éléments vus plus haut, permet une orientation immédiate autorisant dans la foulée un traitement logique [24, 26].

3. APPLICATIONS VEINEUSES

3.1. APPLICATIONS DIAGNOSTIQUES

3.1.1. VEINES DES MEMBRES INFERIEURS

Cette application se pratique de plus en plus largement, mais il semble opportun de préciser certains points. Le diagnostic de thrombose veineuse peut se faire sans Doppler [27, 28], ce qui signifie que le matériel simple décrit reste pertinent, la seule technique de compression nous semblant suffisante. Une sonde non pas linéaire mais micro-convexe est adéquate. Précisons un détail qui apparaît peu dans les textes : la technique de compression nécessite une pression *modérée*, qui s'avère nécessaire et suffisante pour distinguer le normal du pathologique. Une pression supérieure à 1 $kg.cm^{2-1}$ nous paraît non souhaitable.

3.1.2. TERRITOIRES VEINEUX SUPERIEURS

Ce domaine est encore peu investigué en pratique clinique. Les axes jugulaires internes et sous-claviers sont par exemple rarement visités en routine avant tout cathétérisme, à la recherche d'une origine à une embolie pulmonaire, ou encore devant un syndrome fébrile. Pourtant, l'expérience et les données de la littérature [29] suggèrent que ces troncs sont très souvent le siège de thrombose, occlusive ou non, flottante ou non, infectée ou non.

3.2. ECHOGRAPHIE INTERVENTIONNELLE

Deux applications sont possibles : repérer le vaisseau avant ponction et ponctionner ce même vaisseau sous contrôle échographique. Le repérage échographique est rapide et permet de savoir où l'on va. Il a été démontré que les grosses veines sont plus faciles à cathétériser que les petites [30], et que les veines jugulaires internes sont le plus souvent asymétriques, avec dans 20 % des cas dominance gauche [31]. Il est clair qu'un tronc veineux collabé sera le présage d'une procédure laborieuse, compliquée, ou finalement impossible. L'échographie offre un moyen simple de ne pas «s'embarquer» dans une procédure longue, d'autant plus hasardeuse qu'un patient instable reste inaccessible tout au long du geste.

Le cathétérisme écho-guidé représente une méthode extrêmement séduisante pour gagner du temps, quand on sait que de 10 à 15 % des procédures sont en échec par les méthodes aveugles [32]. Des travaux sont disponibles pour vanter les mérites de cette application. Cependant, plutôt que d'utiliser un appareil dédié à cet usage, et donc limité, avec asservissement de l'aiguille sur un guide monté sur sonde spéciale et approche transversale, nous préférons travailler sans guide, avec approche longitudinale, ce qui nous permet d'avoir un contrôle visuel complet, une grande souplesse, et surtout, une fois de plus, de pouvoir utiliser notre appareil polyvalent. La voie sous-clavière écho-guidée chez le patient ventilé offre les avantages suivants [33] : fiabilité, l'échographie permettant de se rapprocher du sans faute. Rapidité, le temps de la ponction étant inférieur à 1 min dans 88 % des cas, et à 5 min dans tous les cas. Possibilité

d'utiliser cette voie d'élection en cas de contre-indication classique (trouble de l'hémostase, obésité, altérations anatomiques ...).

4. TETE

4.1. SINUSITE MAXILLAIRE

La sinusite, souci quotidien en réanimation [34, 35], nécessite le transport au scanner. L'échographie apporte ici une solution simple et fiable. L'expérience montre que les ultrasons traversent l'os, ce qui fait que la visualisation des formes du sinus, un signe qu'on peut appeler «sinusogramme», est pathologique. Le «sinusogramme» peut être franc et complet (Figure 7) ou estompé. Un «sinusogramme» franc est spécifique de comblement sinusien [36]. Un signal normal tête couchée élimine le comblement. Si un «sinusogrammme» apparaît tête d'aplomb, il sera certainement possible de détecter alors un niveau hydro-aérique.

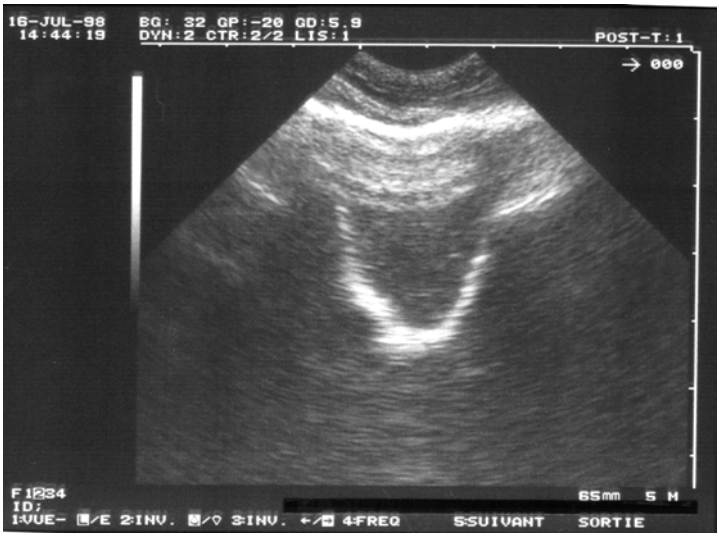

Figure 7 : *Sinusite maxillaire*
Les parois externe, postérieure et interne de ce sinus délimitent un «sinusogramme» franc, témoignant d'un comblement sinusien maxillaire.

4.2. NERF OPTIQUE

Le diagnostic d'hypertension intra-crânienne, urgence s'il en est, n'est parfois pas évoqué dans des cas très trompeurs (par exemple coma que l'anamnèse a classé éthylique ou toxique). Le bon vieux fond d'œil a certes été remplacé par le scanner, bien plus sensible. Or, le nerf optique est explorable par l'échographie. Il est possible que cette voie se montre plus performante que le fond d'œil (qui ne fait que passer par la même démarche, considérer le nerf optique comme une fenêtre sur le cerveau). La question sera dès lors de savoir si l'échographie ne se rapprochera pas du scanner dans certaines indications (élimination simple d'une HTIC chez un patient comateux). Des premiers résultats sont édifiants.

4.3. CERVEAU

Le Doppler trans-crânien a certainement un intérêt chez le traumatisé mais ne peut être décrit avec le matériel simple que nous utilisons au quotidien.

5. APPLICATIONS CARDIAQUES

Le cœur aigu relève tout particulièrement de l'échographie [37]. Pour rester dans l'esprit du titre, il ne sera pas fait mention des applications bien validées de l'échocardiographie Doppler ni de la voie trans-œsophagienne. En revanche, nous citerons l'existence d'une «échographie générale du cœur». Ce terme, réalité quotidienne qui concerne des points basiques (volume ventriculaire droit, contractilité ventriculaire gauche, péricarde), sous-entend que même un non cardiologue devrait pouvoir, en urgence, et en attendant ce dernier, se faire une idée. Cette seule analyse bidimensionnelle de surface fournit déjà des informations capitales en urgence. D'autres applications telles que trouble segmentaire de contractilité, altération flagrante d'une valve, thrombose intra-ventriculaire, embolie gazeuse, présence de matériel intra-cardiaque, nécessitent une approche plus approfondie, quoique toutes ces applications aient en commun de ne nécessiter que le bidimensionnel. Il reste entendu que le Doppler et la voie endo-œsophagienne sont indispensables pour investiguer plus au calme et en profondeur la fonction cardiaque.

6. APPLICATIONS ABDOMINALES

6.1. INTRODUCTION

L'abdomen «ambulatoire», bastion de la pratique radiologique, a été exploré de fond en comble. L'abdomen aigu regorge, lui, d'applications peu utilisées. Ainsi, la description du tractus digestif est rarement présente dans un compte rendu, le diagnostic échographique d'ischémie mésentérique reste marginal, celui du pneumopéritoine ne semble pas exploité. Même la vésicule biliaire reste le siège de points obscurs.

L'analyse abdominale, conditionnée par les gaz, est certes aléatoire. Toutefois, de nombreux artifices, comme la possibilité de déplacer les gaz, permettent de répondre aux questions basiques.

6.2. PERITOINE

6.2.1. EPANCHEMENT PERITONEAL LIQUIDIEN

La détection de liquide péritonéal n'est pas une application nouvelle. En revanche, c'est sur la possibilité de le faire *en temps réel*, c'est-à-dire dans l'urgence extrême (traumatisme), et par le *praticien lui-même*, qu'on pourrait parler d'application nouvelle. La découverte d'un épanchement, parfois constatation banale et redondante, peut être un élément décisif. L'échographie identifiera une image transsonore ou chargée d'échos, mais dont les limites seront à la fois concaves en dedans (moulées par les organes) et variables avec la pression de la sonde. La répartition des pressions abdominales fait que l'épanchement peut se localiser initialement en intercostal. L'échographie rend la ponction sûre et toujours productive, même en des lieux atypiques (intercostal). Tous les diagnostics d'urgence sont possibles, de la péritonite à l'hémopéritoine.

6.2.2. PNEUMOPERITOINE

Bien que la littérature ne mentionne pas cette possibilité, il est possible en un instant de l'éliminer, et de façon plus fine de l'affirmer (travail en cours).

6.3. ORGANES CREUX

6.3.1. TUBE DIGESTIF

Le tube digestif reste souvent boudé des comptes rendus d'échographie abdominale. Il est vrai que le scanner, ici encore, donne une vue d'ensemble de la région. L'expérience montre toutefois que l'analyse de signes élémentaires peut faire gagner des temps précieux. L'abolition du péristaltisme grêlique est dans nos observations une

donnée décisive, pouvant déboucher sur des diagnostics requérant une chirurgie en urgence (infarctus mésentérique, nécrose colique, péritonite...). L'analyse de l'épaisseur pariétale est aussi un temps essentiel. Supérieure à 4 mm, elle indique une souffrance digestive souvent redevable d'une sanction urgente. L'infarctus mésentérique, généralement diagnostiqué tardivement, pourrait trouver intérêt à cette méthode, en gardant à l'esprit que certaines étiologies s'accompagnent d'une paroi fine (Figure 8).

Figure 8 : *Infarctus mésentérique*
Anses agglomérées dans le pelvis, à la paroi épaissie, et surtout figées, dépourvues du moindre péristaltisme.

6.3.2. VESICULE BILIAIRE

La cholécystite aiguë alithiasique (CAA), indication familière de l'échographie [38, 39], comporte encore des zones d'ombre. Faute d'une preuve histologique, qui seule permet un diagnostic formel, les travaux disponibles éludent souvent des questions basiques. La CAA donne classiquement un volume augmenté, une paroi épaissie, un sludge, un liquide péri-vésiculaire et une douleur de l'hypocondre droit. Chez un patient de réanimation, chacun de ces signes peut être mis en défaut. Un volume augmenté est la règle. Une paroi peut être épaissie dans de nombreuses conditions. Le sludge est pratiquement constant. L'épanchement péritonéal, fréquent chez les patients lourds de réanimation, manque souvent au rendez-vous. La douleur locale fait défaut chez le patient sédaté, ou alors vient d'un foie congestif ou d'un épanchement pleural, cas fréquents. Quand l'ensemble des signes cliniques et échographiques pousse à l'indication opératoire, une laparotomie inutile survient dans nos observations dans la moitié des cas. L'histologie fait alors régulièrement état de «cholécystite subaiguë chronique» ou d'œdème simple. L'aspect peropératoire est trompeur dans les deux sens et il faut savoir attendre l'histologie pour conclure. Un patient peut être opéré sur des motifs purement cliniques, avec une échographie sub-normale, une pièce opératoire banale, et une histologie révèlant une cholécystite gangreneuse. Une ponction vésiculaire sous échographie est certes un geste aisé et sûr si certaines règles sont respectées. Le problème est que la CAA est classiquement décrite comme étant plus une pathologie ischémique de la paroi qu'une maladie infectieuse. C'est pourquoi la cholécystostomie percutanée

n'est pas un traitement logique. Du reste, ce geste privera de la preuve histologique, seule valable.

Au total, l'échographie permet de bien localiser la vésicule, mais des progrès restent à faire. Nos observations laissent à penser que la CAA est très rare en réanimation médicale, et se voit plus volontiers chez le patient artériel ayant subi une intervention vasculaire majeure (notamment sur l'aorte) ou le polytraumatisé. L'épaississement pariétal se situe toujours dans nos observations entre 3,0 et 6,2 mm (moyenne 4,6 mm). Des valeurs supérieures à 7 mm, et pouvant atteindre 15 mm, se voient presque toujours en cas de cœur droit aigu et sont dans nos observations le fait d'un œdème vésiculaire. En pratique, cette notion doit inviter le clinicien à chercher une autre cause pour expliquer un tableau clinique qui faisait évoquer la CAA. Ces vésicules à la paroi très ou «trop» épaisse, fréquentes en réanimation médicale, méritent peut-être l'appellation de «vésicule cardiaque» (Figure 9).

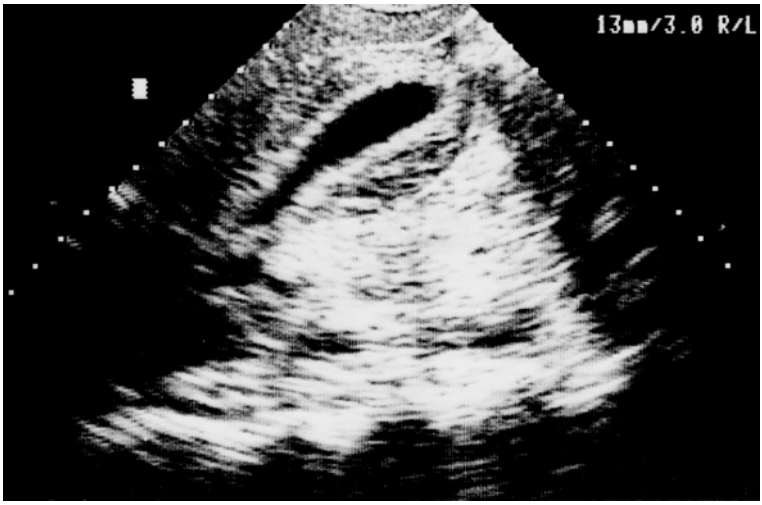

Figure 9 : *Vésicule «cardiaque»*
Cette vésicule à la paroi extrêmement épaissie (15 mm) chez un patient en état de choc avec SDRA s'est avérée indemne de lésion aiguë, l'histologie ayant décrit un simple œdème pariétal.

6.3.3. VOIES URINAIRES

Il s'agit d'un domaine bien maîtrisé. Le globe vésical se reconnaît si aisément qu'il pourrait tenir lieu d'introduction à l'apprentissage de l'échographie. Une échographie de routine peut être utile dans deux circonstances : patient anurique au long cours chez qui on veut éviter un port de sonde prolongé, et oligo-anurie brutale chez un patient réanimé, cadre dans lequel un obstacle sur sonde, donc malgré la sonde, est une éventualité possible. La détection échographique d'une vessie non vide avant le stade du globe permet de gagner un temps sur la clinique. Dans ce cadre, le réflexe de «l'échographie facile» évitera des errances thérapeutiques (renforcement des inotropes, remplissage...).

6.4. GROS VAISSEAUX

6.4.1. VEINE CAVE INFERIEURE

Outre un lieu potentiel de thrombose, c'est un indice, facile d'accès, du remplissage du secteur capacitif chez un patient ventilé [40, 41]. L'expérience montre qu'une

veine cave inférieure plate au niveau de l'abouchement de la veine rénale gauche (en pratique moins de 12 mm) prédit une PVC inférieure à 10 mmHg avec une sensibilité de 54 % mais une spécificité de 96 % [41].

6.4.2. AORTE ABDOMINALE

L'aspect de l'aorte figure heureusement de façon systématique dans tout compte rendu d'échographie abdominale. Un anévrisme est aisé à voir pour peu qu'il n'y ait pas de gaz... ou que ceux-ci soient refoulés *en douceur ici*.

6.4.3. VEINE MESENTERIQUE SUPERIEURE

Son caractère compressible, donc sa liberté, pourrait faire partie de tout examen d'un abdomen aigu.

6.5. ORGANES PLEINS

6.5.1. FOIE

Son étude est rarement d'intérêt en réanimation dans notre expérience, en dehors peut-être de l'aéroportie, dont la mise en évidence précoce sera très porteuse chez un patient débutant une ischémie mésentérique. Sinon, évaluer la taille du foie débouche sur peu d'implications thérapeutiques. Les voies biliaires principales, interrogées chez un patient dégradant sa fonction hépatique ou développant un ictère, ne sont que très exceptionnellement atteintes, du moins en réanimation médicale.

6.5.2. DIVERS

Abcès ou infarctus splénique peuvent se voir avec fiabilité dans de bonnes conditions d'examen. Dans la pancréatite aiguë, l'échographie marque sans doute un point négatif ici, car l'affection s'accompagne en général d'une barrière gazeuse peu surmontable. Laissons ici la place au scanner, au moins pour la documentation initiale.

7. DOMAINES DES NOUVELLES APPLICATIONS DE L'ECHOGRAPHIE

7.1. REANIMATION CHIRURGICALE

Ce cadre bénéficiera largement des applications de l'échographie générale, même si les problèmes sont plus volontiers thérapeutiques que diagnostiques, chez des patients déjà opérés par définition. La présence de nombreux obstacles additifs (pansements extensifs, drains multiples, matériaux divers) donnera certes parfois une note de challenge, que l'expérience permettra de relever.

7.2. TRAUMATOLOGIE ET SALLE DE REVEIL

Les applications entrevues plus haut bénéficieront au polytraumatisé arrivant vivant à l'hôpital. Si le scanner est réservé aux patients ayant un état cardio-respiratoire stable, il faut jouer la carte échographie à fond chez les autres, précisément les plus graves.

7.3. REANIMATION MEDICALE

C'est un domaine d'élection, car les problèmes diagnostiques aigus y sont fréquents. L'échographie livre le patient dans sa transparence, avec le temps d'avance qu'on peut imaginer de cette utilisation. L'examen est plus aisé qu'en réanimation chirurgicale, car les obstacles sont plus rares.

7.4. URGENCES

Les urgences «non urgentes» ne relèvent pas du sujet, mais c'est une vaste économie d'argent et de temps qui est à prévoir si l'échographie y est employée de façon appropriée, c'est-à-dire large.

7.5. MEDECINE EXTRA-HOSPITALIERE

7.5.1. SAMU

La médecine pré-hospitalière ne peut que gagner à faire usage de l'échographie, sous la double forme d'un appareil très miniature et d'une formation limitée à de grosses applications [42]. Ainsi, hémothorax, pneumothorax, hémopéricarde ou hémopéritoine ne poseront plus de problème diagnostique. Entre autres services, la pose d'une voie veineuse de sauvetage sera sécurisée.

7.5.2. MEDECINE DU MONDE

Ecartons-nous un instant du cadre étroit de la réanimation, science dispendieuse propre aux pays développés, pour préciser que de nombreuses pathologies issues du monde non nanti pourront être traitées selon les indications de l'échographie, qui devra ici - et pourra - remplacer utilement nombre de radiographies, scanners, phlébographies, fibroscopies et autres examens.

7.6. AUTRES DISCIPLINES INTERESSEES

En réanimation pédiatrique, l'intérêt de l'échographie sera encore plus évident, chez ces petits patients hautement fragiles, et sans doute bien plus sensibles aux radiations ionisantes que les adultes. Poumon et troncs veineux devraient représenter un point d'impact de choix. En postopératoire et même en pré-opératoire de chirurgie thoracique, les applications pulmonaires devraient permettre une gestion simplifiée. En anesthésiologie, de multiples aspects peuvent être développés, telle la détection des nerfs périphériques. En cardiologie, pneumologie et médecine interne, l'échographie offrira au clinicien un «bloc cœur-poumons» indissociable sur le plan du raisonnement. Enfin, cette approche visuelle au quotidien intéressera certainement la médecine générale.

8. NOUVELLES APPLICATIONS, MODE D'EMPLOI

8.1. LES NOUVELLES APPLICATIONS DE L'ECHOGRAPHIE SONT-ELLES EXPORTABLES ?

8.1.1. L'ECHOGRAPHIE EST-ELLE UNE DISCIPLINE FIABLE ?

Deux dangers potentiels menacent le patient de réanimation. La méfiance à l'égard de l'échographie est le moindre, car le patient bénéfiera alors d'une approche conventionnelle, bien codifiée même si elle comporte des inconvénients. Par contre, un trop grand enthousiasme menant à une trop grande confiance en une technique non maîtrisée, scénario possible du fait de la grande simplicité de la logistique, seraient autrement plus dangereux s'ils s'accompagnaient de sanctions dans la prise en charge.

Certes, la performance de la méthode est fonction de l'utilisateur. Plus que d'habilité personnelle, c'est plutôt une question d'enseignement, vaste problème qui dépasse le seul exercice de l'échographie. Ce problème devra se résoudre dès lors que l'enseignement de l'échographie d'urgence sera structuré.

8.1.2. LES NOUVELLES APPLICATIONS DEPENDENT-ELLES D'UNE SPECIALITE PROPRE ?

Le propos présent peut paraître long, voire peu accessible au profane, mais chaque point pris séparément est élémentaire, et peut être traité «à la carte». Une introduction de l'échographie d'urgence dans le cursus nécessitera une culture supplémentaire, mais soulagera paradoxalement la mémoire de l'utilisateur dans d'autres domaines, tant l'échographie permet d'aller droit au but. A la question de définir qui doit faire quoi, le radiologue a l'avantage de déjà connaître la technique (quand il s'y est investi), le réanimateur le mérite de la proximité du patient [43]. Nous ne trancherons pas ce débat, qui ne devra jamais se retourner contre le patient. Rappelons qu'il serait illusoire pour

une institution donnée de vouloir passer immédiatement au «tout à l'écho». Les applications devront être progressivement et tranquillement intégrées au fil des années.

8.2. AUTRES INCONVENIENTS POTENTIELS DE L'ECHOGRAPHIE

Peu d'obstacles physiques s'opposent à sa diffusion. Son utilisation optimale sera source de tant d'économies que l'achat sera très vite amorti, et sera donc facilité. Si des règles simples d'aseptie sont respectées, il n'y aura pas d'infection croisée.

8.3. PLACE D'AUTRES MODALITES

Le scanner, qui a failli enterrer l'échographie à peine mature (1971), pourrait apparaître sans comparaison. Il est toutefois hautement irradiant. La nécessité d'un transport est un inconvénient lourd, même si l'examen lui-même est devenu plus rapide (au prix d'une irradiation du reste accrue). Détail rarement évoqué, le scanner offre une résolution spatiale inférieure à celle de l'échographie : une paroi vésiculaire ou iléale sera ainsi plus précisément mesurée par l'échographie. Rappelons qu'aux niveaux pulmonaire, mais aussi abdominal et céphalique, l'échographie analyse de nombreux signes dynamiques qui se trouvent être d'importance décisive, une performance dont le scanner est incapable. Le scanner reste indispensable en cas de mauvaise échogénicité (gaz fixes), de lésion profonde. Dans les autres cas, le message est qu'il faut développer au maximum l'impact de l'échographie, et s'y tenir si elle a fourni la réponse à la question clinique.

CONCLUSION

Les applications nouvelles de l'échographie permettent notamment d'investiguer le poumon, d'explorer en urgence un patient dyspnéique, et ce dans ou en-dehors de l'hôpital.

Ces applications sont liées autant à la définition de champs qui étaient réputés peu ou pas accessibles à l'échographie qu'à une manière spécifique de les utiliser, à savoir sur site au moyen d'un appareil ultraportable éventuellement manipulé par le clinicien en charge du patient.

Cet aperçu, qui n'a fait que survoler quelques potentialités de l'échographie aiguë, était nécessairement long, puisque c'est l'ensemble de l'organisme qui est concerné. Nous espérons que l'emploi des nouvelles applications contribuera à annoncer une forme de «médecine à vue», l'échographe étant utilisé comme un stéthoscope [44]. Rappelons du reste pour conclure que l'échographe, qui est considéré par certains comme le stéthoscope de demain, est déjà le stéthoscope d'aujourd'hui, puisqu'il s'agit d'une méthode capable de voir («scopein») à travers la paroi («stethos»).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Slasky BS, Auerbach D, Skolnick ML. Value of portable real-time ultrasound in the intensive care unit. Crit Care Med 1983;11:160-164

[2] Lichtenstein D & Axler O. Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit, a prospective study of 150 consecutive patients. Intensive Care Med 1993;19:353-355

[3] Miller DL. Update on safety of diagnostic ultrasonography. J Clin Ultrasound 1991;19:531-540

[4] Taylor KJW. A prudent approach to Doppler ultrasonography. Radiology 1987;165:283-284

[5] Friedman PJ. Imagerie en pathologie pulmonaire. In: Harrison TR, ed. Principes de Médecine Interne. Paris: Flammarion, 1992:1043

[6] Greenbaum DM & Marschall KE. The value of routine daily chest X-rays in intubated patients in the medical intensive care unit. Crit Care Med 1982;10:29-30

[7] Janower ML, Jennas-Nocera Z, Mukai J. Utility and Efficacy of Portable Chest Radiographs. Am J Rœntgenol 1984;142:265-267
[8] Peruzzi W, Garner W, Bools J, Rasanen J, Mueller CF, Reilley T. Portable chest roentgenography and CT in critically ill patients. Chest 1988;93:722-726
[9] Tocino IM, Miller MH, Fairfax WR. Distribution of pneumothorax in the supine and semirecumbent critically ill adult. Am J Roentgenol 1985;144:901-905
[10] Lichtenstein D. L'échographie pulmonaire: une méthode d'avenir en médecine d'urgence et de réanimation ? [Editorial]. Rev Pneumol Clin 1997;53:63-68
[11] Lichtenstein D & Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill: lung sliding. Chest 1995;108:1345-1348
[12] Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact: an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1997;156:1640-1646
[13] Joyner CR, Herman RJ, Reid JM. Reflected ultrasound in the detection and localisation of pleural effusion. JAMA 1967;200:399-402
[14] Lichtenstein D, Cluzel P, Grenier P, Coriat P, Rouby JJ. Apport de l'échographie pulmonaire dans le SDRA. Ann Fr Anesth Réanim 1998;17 n°8:R.182:903
[15] Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A, Tostivint I & Mezière G. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. Intensive Care Med 1999;25:955-958
[16] Yang PC, Luh KT, Chang DB, Wu HD, Yu CJ, Kuo SH. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. Am J Roentgenol 1992;159:29-33
[17] Azoulay E, Fartouk M, Galliot R, Soufir L, Baud F, Simonneau G, Le Gall JR, Schlemmer B. Epanchements pleuraux liquidiens en réanimation médicale: contribution de la ponction exploratrice. Réan Urg 1998;7(suppl 1):SP 297
[18] Rantanen NW. Diseases of the thorax. Vet Clin North Am 1986;2:49-66
[19] Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The comet-tail artifact, an ultrasound sign ruling out pneumothorax. Intensive Care Med 1999;25:383-388
[20] Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The lung point: an ultrasound sign specific to pneumothorax. Intensive Care Med 2000;26:1434-1440
[21] Felten ML, Mercier FJ & Benhamou D. Development of acute and chronic respiratory diseases during pregnancy. Rev Pneumol Clin 1999;55:325-334
[22] Weinberg B, Diakoumakis EE, Kass EG, Seife B and Zvi ZB. The air bronchogram: sonographic demonstration. Am J Roentgenol 1986;147:593
[23] Targhetta R, Chavagneux R, Bourgeois JM, Dauzat M, Balmes P & Pourcelot L. Sonographic approach to diagnosing pulmonary consolidation. J Ultrasound Med 1992;11:667-672
[24] Lichtenstein D & Mezière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. Intensive Care Med 1998;24:1331-1334
[25] Yang PC, Luh KT, Lee YC, Chang DB, Yu CJ, Wu HD, Lee LN, Kuo SH. Lung abscesses: US examination and US-guided transthoracic aspiration. Radiology 1991;180:171-175
[26] Lichtenstein D & Mezière G. Echographie d'une détresse respiratoire. Réan Urg 1999;8(suppl 3):184s
[27] Cronan JJ. Venous thromboembolic disease: the role of ultrasound, state of the art. Radiology 1993;186:619-630
[28] Lichtenstein D & Jardin F. Diagnosis of internal jugular vein thrombosis. Intensive Care Med 1997;23:1188-1189
[29] Chastre J, Cornud F, Bouchama A, Viau F, Benacerraf R, Gibert C. Thrombosis as a complication of pulmonary-artery catheterization via the internal jugular vein. N Engl J Med 1982;306(5):278-280
[30] Lichtenstein D. Relevance of ultrasound in predicting the ease of central venous line insertions. European J Emergencies 1994;7:46
[31] Lichtenstein D, Saïfi R, Augarde R, Prin S, Schmitt JM, Page B, Pipien I & Jardin F. The internal jugular veins are asymmetric. Usefulness of ultrasound before catheterization. Intensive Care Med 2001;27:301-305
[32] Sznajder JI, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central vein catheterization, failure and complication rates by three percutaneous approaches. Arch Intern Med 1986;146:259-261
[33] Lichtenstein D, Saïfi R, Mezière G, Pipien I. Cathétérisme écho-guidé de la veine sous-clavière en réanimation. Ann Fr Anesth Réanim 2000;19(suppl 1):266s

[34] Holzapfel L, Chevret S, Madinier G, Ohen F, Demingeon G, Coupry A, Chaudet M. Influence of long-term oro- or nasotracheal intubation on nosocomial maxillary sinusitis and pneumonia: results of a prospective, randomized, clinic trial. Crit Care Med 1993;21:1132-1138.
[35] Rouby JJ, Laurent P, Gosnach M, Cambau E, Lamas G, Zouaoui A, Leguillou JL, Bodin L, Khac TD, Marsault C, Poète P, Nicolas MH, Jarlier V, Viars P. Risk factors and clinical relevance of nosocomial maxillary sinusitis in the critically ill. Am J Respir Crit Care Med 1994;150:776-783
[36] Lichtenstein D, Biderman P, Mezière G & Gepner A. The «sinusogram», a real-time ultrasound sign of maxillary sinusitis. Intensive Care Med 1998;24:1057-1061
[37] Jardin F, Dubourg O, eds. L'exploration échocardiographique en médecine d'urgence. Paris: Masson, 1986:3-154
[38] Cooperberg PL, Gibney RG. Imaging of the gallbladder, state of the art. Radiology 1987;163:605-613
[39] Mirvis SE, Vainwright JR, Nelson AW et al. The diagnosis of acute acalculous cholecystitis: a comparison of sonography, scintigraphy and CT. Am J Roentgenol 1986;147:1171-1179
[40] Jue J, Chung W, Schiller N. Does inferior vena cava size predict right atrial pressures in patients receiving mechanical ventilation? J Am Soc Echocardiogr 1992;5:613-619
[41] Lichtenstein D & Jardin F. Appréciation non invasive de la pression veineuse centrale par la mesure échographique du calibre de la veine cave inférieure en réanimation. Réan Urg 1994;3:79-82
[42] Lichtenstein D, Courret JP. Feasibility of ultrasound in the helicopter. Intensive Care Med 1998;24:1119
[43] Lichtenstein D, Mezière G. Apprentissage de l'échographie générale d'urgence par le réanimateur. Réan Urg 1998;7(suppl 1):108s
[44] Lichtenstein D, ed. L'échographie générale en réanimation. Paris: Springer-Verlag, 1992:151-152